Principe du béton armé :

1/ Béton est un materiau dont la resistance à la traction R_t :

$$R_t = \frac{R_c}{10T12} \quad ; \; R_c : \text{Resistance a la compression}$$

Un béton est caracterisé par sa resistance a la Compression à l'âge de 28 jours, notée BAEL f_{c28} en (MPa)

→ la resistance a la traction notée f_{t28}

$$f_{t28} = 0{,}6 + 0{,}06\, f_{c28}$$

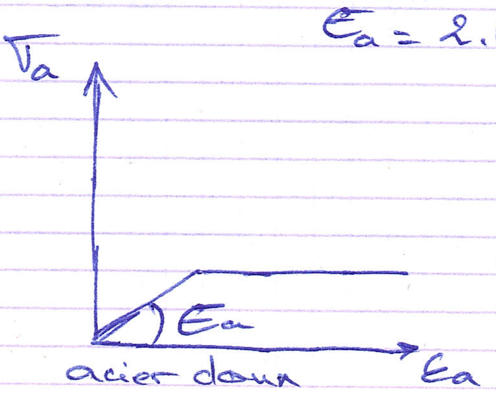
$$F_{c28} = 25\,\text{MPa} \longrightarrow f_{t28} = 0{,}6 + 0{,}06 \cdot 25 = 2{,}1\,\text{MPa}$$

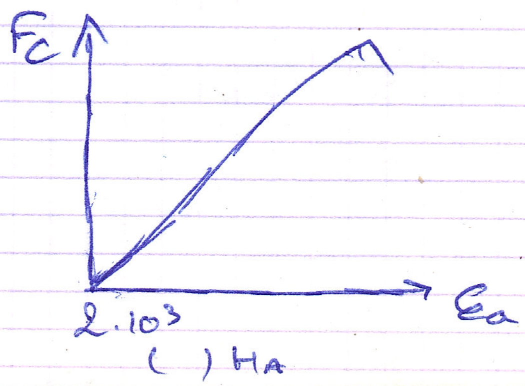
2/ Acier est un materiau qui resiste bien a la Compression comme a la traction.

→ Un acier est caracterisé par sa limite d'élasticité

$$P_e = 500\,\text{MPa}$$

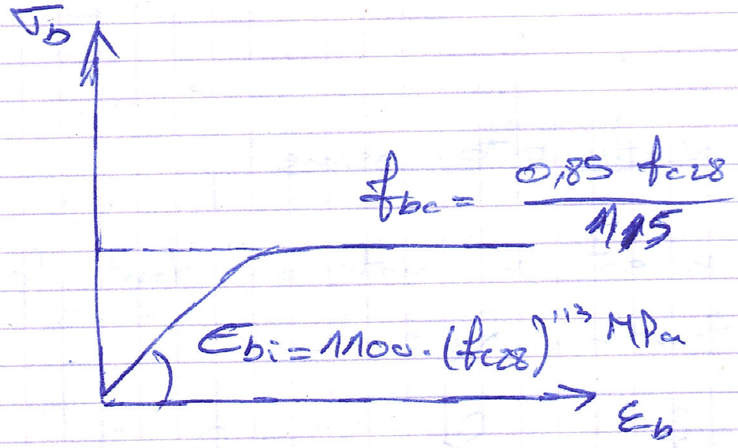
$$E_a = 2.10^5\,\text{MPa}$$





$\varepsilon_{a\,max} = 10.10^{-3} = 10‰$

Béton :



$\varepsilon_{bc\,max} = 3,5‰$

Calcul aux état limites :

Un état limite est un état dans le quel l'un des Criters du projet cesse d'être satisfait

On distingue :

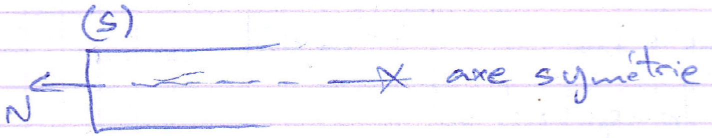
* Etat limites Ultimes : leurs depassement entraine de la structure ou l'un de ses éléments
* Etat limites de service : leurs cours.

$\varnothing$ barres : 6,8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32, 40

→ béton armé :
- Coffrage : Dimension geometrique
- Ferraillage : Armature

ELU :

élts sollicités en traction simple



armature longitudinal & barres

armature transversal : Cadre

le cadre circulaire, epingue, $\leq 12\,\phi$

Hypothese

ELU : $f_{bc} = \frac{0,85\, f_{c28}}{1,5} = \sigma_{max}$ (beton)

$f_e / 1,15 = \sigma_{max}$ (acier)

ELS : $0,6\, f_{c28} = \sigma_{max}$ (beton)

$\bar{\sigma}_a$, 3 types de fessuration acier

point A $\rightarrow \varepsilon_a = 10‰ \rightarrow \sigma_a = f_e / 1,15$

ELU (A_u) — ELS (A_{ser})

$\frac{N_u}{A_u} \leq \frac{f_e}{1,15}$ — $\frac{N_{ser}}{A_{ser}} \leq \bar{\sigma}_a \Rightarrow A_{ser} \geq \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_a}$

$A_u \geq \frac{N_u \times 1,15}{f_e}$

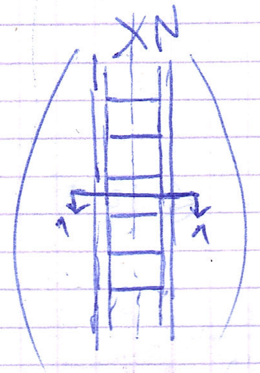
$A_{min} = \frac{B\, f_{t28}}{f_e}$; $f_{t\,(MPa)} = 0,6 + 0,06\, f_{c28\,(MPa)}$

$A \geq \max\left(\frac{N_u \times 1,15}{f_e} ; A_{min}\right)$;

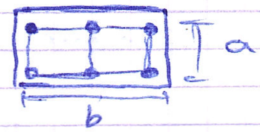
$A \geq \max\left(\frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_a}, A_{min}\right)$

Calcul des éléments sollicités un compression simple (poteaux)

en BAEL, les poteaux sont calculés aux ELU seuls
il faut calculer :
- dimension géométrique de l'élément
- ferraillage { longitudinal / transversal



coupe 1-1
4T12
eT10



Cadre + épingle
e = 15

Calcul des armatures:

on suppose le coffrage connu.
Soit un poteau, de section B, ferraillé par une section d'armatures A.
on appelle $N_{res,th}$ = effort de compression théorique que le poteau peut supporter.

pivot C $\longrightarrow$ $\varepsilon_{bc} = 2.10^{-3}$ $\longrightarrow$ $\varepsilon_a = 2.10^{-3}$ (absence de glisement)

$\downarrow$ $\sigma_{bc} = f_{bc} = \dfrac{0{,}85\, f_{c28}}{1{,}5} = \dfrac{0{,}85\, f_{c28}}{1{,}5}$

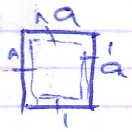
$\downarrow$ $\sigma_{a2} = f_e/_{1,15}$

$$\left[N_{res,th} = B\sigma_{bc} + A\sigma_{a2} \right]$$

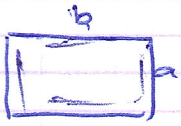
l'effort résistant théorique ses réduit pour tenir compte :
- imperfection géomètriques des élements
- charges sont appliquer à un âge de béton supérieur à 90 jours
- effets du second ordre

les règles BAEL préconisent les corrections suivantes:

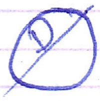
* l'aire B sera réduite en retranchant 1 cm sur tout le contour de la section, on obtient B_r



$$B = a^2 \quad ; \quad B_r = (a(cm) - 2)^2$$



$$B = ab \quad ; \quad B_r = (a-2)(b-2)$$



$$B = \frac{\pi D^2}{4} \quad ; \quad B_r = \frac{\pi (D-2)^2}{4}$$

* la contrainte max f_{bc} béton est remplacée par:

$$\cancel{\alpha(\lambda) = \frac{0,85}{\beta}} \quad \frac{f_{c28}}{0,9 \times 1,5}$$

* $N_{res,th}$ est réduit par un coefficient $\alpha(\lambda)$

$$\alpha(\lambda) = \frac{0,85}{\beta}$$

$$\beta = \begin{cases} 1 + 0,2\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 & ; \text{si } \lambda \leq 50 \\ \frac{0,85\lambda^2}{1500} & ; \text{si } 50 < \lambda \leq 70 \end{cases}$$

$\lambda = \frac{l_f}{i}$ = élancement mécanique de l'élément.

l_f = longeur de flambement du poteau

i = rayont de geration

$l_f = K l_o$; l_o = longeur libre de poteau

$$K = \begin{cases} 1 ; & \text{poteau est bi-articulé} \\ 0,5 ; & \text{" " bi-encastré} \\ 2 ; & \text{" " encastré et libre} \\ 0,7 ; & \text{dans le batiment} \end{cases}$$

$i = \sqrt{\frac{I}{B}}$, I = moment d'inertie de B % Δa

$$N_u = \left(B_r \frac{f_{c28}}{0{,}9 \times 1{,}5} + \frac{A f_e}{1{,}15} \right) \alpha(\lambda)$$

avec $\alpha(\lambda) = \dfrac{0{,}85}{\beta}$

formule de calcul de ~~fe~~ferraillage

$$\beta N_u = \left(B_r \frac{f_{bc}}{0{,}9} + \frac{0{,}85 A f_e}{1{,}15} \right)$$

on calcule A :

$$A = A' = \frac{\beta N_u - \dfrac{B_r f_{bc}}{0{,}9}}{0{,}85 \dfrac{f_e}{1{,}15}}$$

En plus de la section théorique d'armatures, il faut satisfaire la section minimale d'armatures

section d'armatures longitudinales

$$A'_{min} = \max \left(4 \underset{m}{\mu} ; \frac{0{,}2 \overset{cm^2}{B}}{100} \right)$$

U : périmètre de la section du poteau expimé en mètres

$$A' \geqslant \max \left[\frac{\beta N_u - \dfrac{B_r f_{bc}}{0{,}9}}{0{,}85 \dfrac{f_e}{1{,}15}} ; A'_{min} \right]$$

exemple : poteau 20×20 cm²

$$\underset{4T10}{A'_{min}} = \max \left(3{,}2 ; \frac{0{,}2 \times (20)^2}{100} \right) = 3{,}2 \text{ cm}^2$$

Calcul des armatures transversales :

2 inconnues :

ϕ_t = diametre

S_t = espacement

$$\begin{cases} \phi_t = \dfrac{3}{10} \phi_l \\ \phi_t \geqslant 6 \text{ mm} \end{cases}$$

; ϕ_l : plus gros diamètre d'armatures longitudinales

$$s_t \leqslant \min \left(15 \phi_{l\,min} ; a(m) + 10 ; 40 \text{ cm} \right)$$

a = plus petit coté de B

$\phi_{l\,min}$ = plus petit diamètre d'armatures longitudinales

Coffrage d'un poteau :

En pratique, on a 2 inconnues A (section d'armatures longitudinales) et B (section du poteau) et on dispose de l'effet N_u sollicitant le poteau à l'ELU on a une seule équation (celle de l'effort résistant théorique corrigé).

on fait l'hypothèse suivante : ~~...~~ ~~...~~

$$\frac{A}{B_r} = \frac{1}{100}$$

$$B_r \geqslant \frac{\beta N_u}{\frac{f_{b_c}}{0,9} + \frac{0,85\, fe}{100 \times 1,15}}$$

Remarque :

- Pour calculer B_r, il faut connaître β : mais β dépend de i qui lui-même dépend de B → résoudre le problème par approximation successives (convergence)
- en pratique de la manière suivante :
  - se fixer une valeur de λ_0 ($\lambda_0 \leq 70$
  - on calcule la valeur β, on en déduit B_r puis β
  - on calcule ensuite la valeur λ, ~~on en déduit corresp~~ correspondante
  - et on vérifie les hypothèses faites ?

$$\begin{cases} \lambda \leq 50 \text{ ou } 50 < \lambda \leq 70 \\ \lambda = \lambda_0 \end{cases}$$

$$B_r \geqslant \frac{\overset{(\lambda_0)}{\beta} N_u}{\frac{f_{c28}}{0,9} + \frac{fe}{1,15 \times 100}}$$

$B_r \geqslant$